

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних  
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра

**Мікроконтролерна система забезпечення максимального світлового по-  
току**

Студент гр. ЕІ-61<sub>к</sub>

Крисько А.В.

Науковий керівник,  
викладач

Бібик М.В.

Нормоконтроль,  
к.т.н., ст. викладч

О.Д. Динник

Конотоп 2020

Конотопський інститут Сумського державного університету  
(назва вузу)

Факультет ДФ (ЦЗДФН) Кафедра електронних приладів і автоматика  
Спеціальність 171 «Електроніка» (171.00.09 «Електронні інформаційні системи»)  
6.050802 «Електронні пристрої та системи»,

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедрою \_\_\_\_\_

Т.М. Гричановська

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Криська Андрія Валерійовича  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Мікроконтролерна система забезпечення максимального світлового потоку

Затверджена наказом по Сум ДУ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. №

2. Термін здачі студентом роботи травень 2020 р

3. Вихідні дані роботи На даний час дуже актуальним є питання відновлювальної енергетики. Популярність сонячних електростанцій зростає, але все ще існують певні проблеми, вирішивши які можна дещо збільшити КПД від сонячних панелей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Зробити огляд існуючих сонячних електростанцій та сфери їх застосування в Україні. Сонячні панелі та акумулятори енергії. Системи керування в енергетиці. Розробка сонячного трекера. Написання програми для керування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Презентація: Вступ (1 слайд)

Актуальність роботи (1 слайд)

Перший розділ (2-4 слайди аналізу поточної теми)

Другий розділ (1-3 слайди з описом приладу та мети його виконання)

Третій розділ (4-6 слайдів з описом апаратної та програмної частини приладу)

Висновки (1 слайд)

6. Консультант по роботі, із зазначенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року \_\_\_\_\_

Керівник Бібик М.В. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	Аналіз літературних даних	Постійно, протягом практики	
2	Загальна інформація про системи керування в енергетиці, проблеми сонячної енергетики.	15.03-02.04	
3	Проектування апаратної платформи, програмного забезпечення для апаратної платформи.	02.04-23.04	
4	Підготовка тексту дипломної роботи	23.04-1.05	
5	Підготовка презентації	1.05-23.05	
6	Попередній захист дипломної роботи на кафедрі	23.05.2020	
7	Захист дипломної роботи в ДЕК	06.2020	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

## Реферат

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню електронної системи забезпечення максимального світлового потоку на базі мікроконтролера Ардуіно.

Метою роботи є ознайомлення з темою використання сонячної енергії. Проектування електронної мікроконтролерної системи забезпечення максимального світлового потоку.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що постає потреба в використанні та переході на природні джерела енергії.

В першому розділі описується використання сонячної енергії в Україні. Проводиться опис технологій: проектування, керування і використання сонячних електричних пристроїв для використання сонячної енергії. Популярність її використання та придатність для нашого клімату. Також описуються характеристики сонячних батарей.

В другому розділі описується завдання проекту, формулюється мета його виконання, та розповідається про мікроконтролери Ардуіно.

В третьому розділі проводиться детальний опис структурної частини проекту, а саме обираються компоненти, які необхідні для трекара, описується принцип проектування та принцип роботи цієї системи, та моделюється код для роботи мікроконтролера.

Результатом роботи є спроектована система використання сонячної енергії в максимальному її значенні.

Робота викладена на 36 сторінок, у тому числі включає 5 рисунків та список цитованої літератури із 22 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ, СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ, АРДУІНО, СОНЯЧНИЙ ТРЕКЕР, СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ.

## Зміст

Вступ.....	6
1 Огляд літератури.....	9
1.1 Сонячна енергетика в Україні.....	9
1.2 Популярність сонячних електростанцій в Україні.....	13
1.3 Характеристики сонячних батарей.....	14
1.3.1 Сонячні батареї, як джерело енергії.....	14
2 Постановка задачі.....	23
2.1 Опис проекту.....	23
2.2 Контролери Arduino.....	24
3 Опис структурної частини.....	27
3.1 Вибір засобів реалізації.....	27
3.2 Принцип проектування приладу.....	27
3.3 Принцип роботи приладу.....	28
3.4 Приклади схем для сонячного трекеру.....	29
3.5 Моделювання коду.....	30
Висновки.....	34
Список використаних джерел.....	35

## Вступ

Споживання джерел енергії, таких як газ, вугілля і нафта, починає зростати з великою швидкістю. Постає потреба в використанні та переході на природні джерела енергії, а саме такі види енергії як сонячна, енергія вітру та геотермальна енергія. Хоча, в наш час різні країни світу вже стали використовувати сонячну енергію, але потрібно зробити ще дуже багато, для того, щоб навчитися переробляти цю енергію в досить великій мірі, щоб можливо було забезпечувати щоденну потребу в енергії.

Сонячною енергією називають такий вид енергії, яку ми можемо отримати від потрапляння сонячних променів на поверхню Землі.

Протягом мільярдів років сонце посиляє свою енергію Землі. Воно є найбільшим і одним з доступніших джерел енергії для усіх форм життя на планеті.

Отримання сонячної електроенергії від сонячних променів являє собою заміну видобувній електроенергії з використанням видобувного пального, але вона передбачає відсутність забруднення атмосфери Землі.

«До плюсів даної технології можна віднести відсутність залежності від стаціонарної подачі електроенергії.»[1]

Завдяки сонячній енергії можна нагрівати і охолоджувати воду, обігрівати будинки, а також забезпечувати постійне природне освітлення. З установкою відповідної системи можна отримати необмежену кількість корисної енергії при цьому витрати підуть тільки на купівлю і установку даної системи і далі можна використовувати сонячну енергію безкоштовно.

«На Землі всього 18 сонячних днів містять настільки велику кількість енергії, що її можна зрівняти з усіма резервами вугілля, нафти і природного газу разом узятими.

За межею атмосфери, сонячна енергія містить в кількості близько 1400 ват на один квадратний метр. Після того, як вона досягне атмосфери, то одна

її третина починає відбивається назад в космос, а решта може вільно доходити до поверхні Землі.

По всій поверхні планети, один квадратний метр землі збирає орієнтовно 4,2 кіловат-годин енергії кожного дня, або приблизний еквівалент енергії майже бареля нафти за рік.

Пустелі, в яких дуже сухе повітря і невелика кількість хмар, отримують набагато більше сонячної енергії, а саме приблизно 6 кіловат-годин в день на один квадратний метр в середньому протягом одного року.»[1]

Приведемо ще декілька факторів про застосування сонячної енергії, які можуть посприяти оцінити великі ресурси при використанні сонячної енергії:

- сонячна енергія являє собою цілком безкоштовне джерело енергії, при цьому кількість сонячної енергії на даний час перевищує потребу. Хоча, відстань до Сонця близько 90 мільйонів миль від планети Земля, при цьому сонячне проміння дістається до Землю всього лише за 15 хвилин;

- «сонячна енергія, яка складається з променистого тепла і світла від Сонця може використовуватися в різних сучасних технологіях, наприклад при сонячному нагріві, в фотоелектриці, при штучному фотосинтезі, в сонячній архітектурі і сонячній тепловій електроенергії;

- колообіг води на Землі є одним з важливих результатів впливу сонячної енергії. Земля, океани і атмосфера поглинають сонячну радіацію і їхні показання температури підвищуються.»[1] Тепле повітря піднімається від поверхні океанів, що в свою чергу викликають конвекційну тепловіддачу. Коли повітря піднімається на досить велику висоту над рівнем моря, то утворюються хмари. Із хмар починають випадати дощі, які в свою чергу доставляють воду у зворотньому напрямку до земної поверхні, таким чином завершують цикл води;

- використання сонячної енергії має різні напрямки. Наприклад, за допомогою фотосинтезу, сонячна енергія трансформується в зелених рослинах,

які в свою чергу переходять в енергію хімічних зв'язків, яка потім утворює біомаси;

- «сонячну енергію використовують також для нагрівання води. В деяких країнах світу воду від 55 до 75% яка використовується на внутрішньому ринку з температурою до 60 градусів за Цельсієм, отримують за допомогою нагріву сонячною енергією;

- також, використовують сонячні труби в системах вентиляції;

- сонячну енергію можна використовувати для приготування питної, солонуватої або солоної води. Також можна фільтрувати стічні води без використання електрики або хімічних речовин. Створення з морської води солі відноситься до одного з найстаріших видів використання сонячної енергії;»[1]

- різні країни світу використовують сонячне випромінювання для використання його в космічних кораблів;

- встановлені сонячні панелі можуть потребувати обслуговування дуже рідко;

- опираючись на запас батареї, сонячна енергія може сповна забезпечувати електроенергією протягом цілого тижня, як в хмарні дні, так і в ночі.

.



## 1 Огляд літератури

### 1.1 Сонячна енергетика в Україні

Види енергії практично всі можуть бути отримані напряму від сонячної енергії, як в ясну, так і в похмуру погоду. На сьогоднішній день сонячну енергію використовують по всьому світу в різних областях. Вона з кожним днем стає все більш популярнішою для вироблення електричної енергії. Ще її можна використовувати для опалення будинків або опріснення води. На сьогоднішній день для використання сонячної енергії використовують два основні способи. [1]

Перший спосіб - це використання фотогальванічних панелей (PV) або сонячних елементів. На практиці використовуються напівпровідникові пристрої, які в свою чергу перетворюють сонячну енергію напряму в електричну. Сьогодні про використання сонячних елементів дізнається все більше людей. Їх розміщують на панелях. Для прикладу, ці панелі встановлюються в будинках чи на них, на полях або в калькуляторах. «Фотоелементи вперше були розроблені в 1954 році компанією Bell Telephone Laboratories в США. На сьогоднішній день фотоелектричні сонячні системи є технологією, яка займає одну з найвищих сходинок в найбільш швидко розвиваючихся технологіях для використання самовідновлюваних джерел енергії і які в майбутньому можуть зіграти велику роль в виробництві електричної енергії.»[1] Ці фотоелектричні сонячні установки можна використовувати для постачання електроенергії в великих промислових масштабах або використовувати в невеликих електричних мережах для особистого застосування. Використання фотоелектричної сонячної енергії для використання в малих електричних мережах є ефективним для забезпечення прямого доступу до електричної енергії тим, чий будинок знаходиться далеко від ліній електропередач. З кожним роком з розвитком виробництва сонячних панелей, ціна на них почала падати і за останні десять років зробила їх значно доступнішими і одночасно одними

з найдешевших видів електричної енергії. Служать такі сонячні батареї приблизно тридцять років. Це залежить від декількох факторів, в основному від типу матеріалу, який використовується при зборці такої батареї. [2]

Системи (CSP) сонячної концентрованої енергії використовують для концентрації сонячних променів дзеркала. За рахунок сонячних променів нагрівається рідина, яка потім перетворює рідину на пар для її використання в приводі турбіни та подальшого виготовлення сонячної енергії. Дану технологію CSP в більшості випадках використовують на великих електростанціях для виготовлення електричної енергії. Такі станції для вироблення електричної енергії в більшості випадків складаються з поля дзеркал, яке потім віддзеркалює промені на тонку високу вежу. До переваг цієї технології CSP електричної станції якщо порівнювати з фотоелектричною сонячною станцією є те, що CSP станція може доповнюватися спеціальними ємностями з розплавленими солями. Ці ємності використовують для зберігання тепла впродовж деякого часу. Це дозволяє генерувати електричну енергію і в хмарну погоду і вночі. [2]

Використання сонячної енергетики можна вважати однією з найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії. Кожного року спостерігається ріст потужності в цій сфері, які становлять близько 40-50 відсотків. Частка сонячної електроенергії за останні п'ятнадцять років в світі в сфері вироблення електричної енергії перевищила позначку в 5%. В зв'язку з вдосконаленням технологій для виготовлення і використання фотоелектричних модулів з кожним роком призводить до значного зменшення собівартості електричної енергії. В багатьох країнах світу використання сонячної енергії вже стало декілька дешевше, ніж використання електроенергії з традиційних джерел таких як: вугілля нафта і газ). З 2010 року інвестиції в розробку і використання сонячної енергії склали понад 300 мільярдів доларів США. Кращим прикладом застосування сонячних технологій – є острів Тау (Американське Самоа). На цьому острові використовували дизельне паливо, яке дово-

дилось купувати в інших країн, але коли вони встановили сучасні сонячні панелі і почали використовувати сонячну енергію, то стали повністю незалежними від інших країн в цій галузі. [3]

«Україна робить великі кроки для збільшення використання альтернативних видів використання енергії в межах зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Якщо поррахувати, то Україна має дуже великий потенціал в галузі використання відновлюваних джерел енергії і за прогнозом до 2030 року можна збільшити в десять разів використання відновлюваної енергії, та на 15 відсотків можна зменшити споживання природного газу.»[3]

Слід сказати, що Україна має сприятливий клімат та географічне положення для розвитку в галузі сонячної енергетики. Також на півночі країни є великий потенціал для розвитку сонячної енергетики, який може позмагатися з більшістю європейських країн. [4-5]

На сьогоднішній день в Україні розвиток сонячної енергетики знаходиться на етапі, який в Європі пройшли вже близько 10 років тому. В нашій країні створені гарні умови для видобування енергії і наразі мета досягти до 2035 року 25 відсотків видобування чистої енергії, і завдяки цьому інтерес та інвестування в розвиток відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, загальний обсяг інвестицій на сьогоднішній день в відновлювану енергетику становить близько 18 мільярдів доларів США.

Відновлювані джерела енергії в Україні досить популярні. Особливу увагу приділяють таким регіонам, де спостерігається найкраща сонячна активність.

На першому місці для людей, які планують інвестувати в видобуток сонячної енергії та побудову сонячних електричних станцій, стоїть питання продуктивності сонячних батарей. Кількість виробленої електричної енергії за допомогою сонячних променів(сонячного модуля) може залежати від декількох факторів, а саме від географічного положення цього модуля (сонячної

електростанції). Він обумовлюється кількістю виробленої електричної енергії, яка може бути пропорційною кількості енергії від поглинання сонячних променів, які в свою чергу досягають поверхні землі, а саме в місці, де розміщено електричну станцію. [4-5]

Використання сонячної енергії вважається одним із найекологічніших видів ресурсів для виробництва електричної енергії з використанням фотоелектричних (PV) систем — сонячних електричних станцій. Основними вихідними даними, для процесів планування - є сонячне випромінювання.

Як підсумок можна сказати, що періодично проводиться моделювання потенціалу видобування сонячної електричної енергії, яка доступна в користуванні для всіх бажаючих. Згідно з прогнозом, з кожним роком потужність встановлених сонячних електричних станцій зростає. В Україні на 1 квітня 2019 року, використовується понад 2,2 ГВт сонячних елементів для використання сонячної енергії. «Ця цифра дорівнює 71 відсотку всіх використовуваних відновлюваних джерел енергії. З таким стрімким розвитком в даній галузі, наша країна піднялася з 34-го на 23-є місце в рейтингу серед всіх країн, які використовують сонячну енергію.»[5]

Для розширення використання сонячної електричної енергії наша країна може розширити свій досвід перейнявши його в наших іноземних колег.

Сонячну енергію можна застосувати для використання в транспортній галузі. В Україні вже давно застосовують електромобілі, а в країнах Європи використовують фотоелементи для розміщення їх в потягах для забезпечення їх електричною енергією під час їх роботи. В планах використати дану технологію на водних та повітряних суднах.

«Термальна енергетика – спосіб перетворення енергії сонця за допомогою нагрівання води в ємностях із матеріалів, які добре проводять тепло.»[5]

Підводячи підсумок можна сказати, що використання сонячної енергетики в Україні буде з кожним роком збільшувати потужність. Про це свідчать такі фактори як:

- в нашій країні ще не дуже багато сонячних електричних станцій, і є можливість інвестування з боку іноземних інвесторів;
- в нашій країні, завдяки клімату, є багато регіонів, які можна обладнати пристроями сонячних електричних станцій де вони будуть працювати з максимальною ефективністю;
- вкладання коштів в дану галузь передбачає собою довготривале отримання прибутку. [1-6]

## **1.2 Популярність сонячних електростанцій в Україні**

«Придатний мікроклімат – та рівні потоків сонячного випромінювання на один квадратний метр поверхні Землі в більшій кількості областей України переважає показники в інших країн таких наприклад, як Німеччина, яка займає майже лідерську позицію в даній області, а саме сонячній енергетиці.»[7]

Зручне правове поле, гарно підходить для інвестування в видобувну природню енергетику. Так званий зелений тариф, дає змогу країнам викуповувати всю електроенергію, яка була вироблена сонячною енергетикою. «В квітні 2019 року було ухвалено закон про зелені аукціони. Згідно з цим законом, приймати участь в аукціонах буде обов'язковим з 2020 року для таких проектів сонячної енергетики, які мають потужність понад 1 МВт і також вітряних електростанцій з потужністю вище 5 МВт. За прийнятими угодами цього аукціону проект, який висуває найменшу ціну, може продавати свою електроенергію країні.»[7] Аукціон призначається для запобігання монополії в цій сфері на українському ринку відновлюваної енергетиці. Цей конкурс відбувається прозоро, через електронну торгову систему ProZorro і проводиться двічі на рік, а саме навесні і восени. [1-6]

Можливості інвестування в відновлювану енергетику сектору України надзвичайно сприятливі, тому що в даній країні знаходяться різноманітні запаси сировини і добре освічена робоча сила, яка має різноманітні технічні ноу-

хау, які можуть знадобитися для розробки та впровадження комерційних досягнень в цій сфері.

В зв'язку зі зростанням вартості на електроенергію відбувається практично постійна потреба в альтернативному видобуванні електроенергії і це робить вкладання коштів в генерацію власної електрики виправданим рішенням. Якщо казати про собівартість, то вже зараз можна сказати, що рівність цін між природньою й традиційною електроенергетикою буде практично однаковою. [7-8]

### **1.3 Характеристики сонячних батарей**

#### **1.3.1 Сонячні батареї, як джерело енергії**

В нашому світі залишилося все менше природніх джерел енергії. Ресурсів нафти, газу і вугілля з кожним роком стає все менше й менше і все сходиться до того, що незабаром запаси ресурсів можуть завершитися. Стає потреба в знаходженні еквівалентних джерел енергії. Зараз в усіх розвинених країнах проводяться різні дослідження для відкриття та розробки нових еквівалентних джерел енергії. Вже з давніх часів сонячну енергію використовують люди для своїх потреб, а саме освітлення житла, сушіння продуктів, одягу і так далі. На сьогоднішній день, сонячна енергетика є одним з найбільш перспективних джерел еквівалентної енергії. На сьогоднішній день є досить багато конструкцій, що дозволяють перетворювати енергію сонця в електричну чи теплову. Галузь поступово росте і розвивається, але, як і скрізь, є свої проблеми.

Сонячні батареї, які також називають сонячними панелями або сонячними модулями, будуються з окремих фотоелектричних перетворювачів (так званих сонячних елементів), які з'єднуються один з одним в послідовні і паралельні ланцюги, в сукупності що працюють, як єдине джерело струму.

Власне одна панель може розглядатися як джерело струму. Кілька сонячних панелей утворюють автономну сонячну електростанцію, яка може

бути малої (якщо мова йде наприклад про приватний будинок) або великої (якщо мова йде про промислову сонячної електростанції) потужності. Розмір сонячної станції залежить від її призначення і від потреб її споживача.

Одна сонячна панель зазвичай містить кількість елементів кратне 12, а саме: 12, 24, 36, 48, 60 або 72 сонячних елемента. Номінальна потужність однієї такої панелі зазвичай лежить в діапазоні від 30 до 350 ват. Відповідно чим більше розмір і вага панелі тим більше її номінальна потужність. [11-13]

На сьогоднішній день реальний ККД сонячних батарей, доступних широкому споживачеві, лежить в межах від 17 до 23%. Є окремі екземпляри, які декларують ККД до 24%, але це скоріше виключення і перебільшення. Лабораторії по всьому світу прагнуть розробити сонячні елементи, коефіцієнт корисної дії яких хоча б наблизився до 30% - це було б дуже хорошим результатом для джерела енергії даного типу, якщо дивитися на речі реально.

Сонячні батареї на базі кремнію, як альтернативне джерело реостатної енергії, перевірені часом, вони відрізняються надійністю і безпекою, компактністю і відносною доступністю. Термін їх нормальної експлуатації доходить до 30 років і навіть перевищує. При нормальній експлуатації ні заміна елементів, ні хоч би яке не було інше спеціальне обслуговування монокристалічним і полікристалічним сонячним панелям не потрібно. Вони прості в установці, не містять рухомих частин, їх поверхня звернена до сонця завжди має захисне механічно міцне покриття.

Практично батарея завжди працює в якомусь оптимальному режимі десь посередині між цими двома точками. В оптимальній точці MPP – максимальна потужність навантаження.

В принципі сонячна батарея здатна працювати в будь-якій точці ВАХ, однак для отримання максимальної ефективності корисно використовувати точку найвищої потужності, тому сонячні панелі ніколи не плекають навантаження безпосередньо. Для досягнення кращої ефективності, між сонячною батареєю і акумуляторами (інвертором) слід підключити контролер заряду з

технологією MPPT, який завжди буде працювати в точці максимуму, доступної потужності при будь-якій поточній інтенсивності сонячного освітлення.

Для перетворення сонячної енергії в електричну енергію використовують фотоелектричні панелі і концентрацію сонячної енергії захоплених сонячних променів, які можуть перетворити їх в електроенергію. Ці проекти майже завжди мають виходи в діапазоні близько декількох сотень мегават, це близько мільйона сонячних панелей, які встановлені на великій площі поверхні землі.

Головна перевага цих фотоелементів полягає в тому, що матеріал, який використовується для їх розробки доволі дешевий та поширений. Батареї, які виготовлені на основі перовскіту, в яких не використовується кремній, завдяки своїй відносній дешевизні можуть зробити використання сонячної енергетики більш доступною для великої кількості людей. На 2020 рік сонячні електростанції можна класифікувати на наступні типи:

- сонячна електростанція тарілчастого типу;
- баштового типу;
- сонячна електростанція, що припускає застосування параболічних концентраторів;
- електростанції, на яких використовуються фотобатареї;
- аеростатні електростанції;
- комбіновані сонячні електростанції.

Сонячні електростанції, які відносяться до баштового типу виконуються на принципах використання сонячної радіації та отримання водяної пари. У самій середині даної конструкції розташована вежа. Висота даної вежі становить від 18 до 24 метрів (це залежить в основному від їхньої потужності). Потрібно сказати, що на верхівці цієї башні розташовано резервуар, який заповнений водою. Цей резервуар має чорний колір, він зараджує максимальній ефективності для поглинання сонячної радіації. Можна сказати, що в цій вежі розташована насосна група, яка доставляє пар на турбогенератор. Від



цієї вежі на відстані по колу знаходяться декілька реостатів, які мають вигляд дзеркала, які закріплені на спеціальній опорі і які підключені до однієї цілої системи орієнтування на світло. До поширених сонячних електростанцій ще можна віднести установку, в якій використовуються параболічні реостати. Значення роботи цих сонячних електростанцій полягає в нагріванні теплоносія до необхідних параметрів, які будуть придатні для роботи в турбогенераторі. Для цього використовується монтаж параболічних дзеркал, які різняться своїми розмірами. Потрібно сказати, що у фокусі параболи для коректної роботи приладу встановлюється спеціальна трубка, Всередині трубка має теплоносій (в основному це - масло). Масло нагрівається і передає своє тепло воді, яка в свою чергу починає перетворюватися в пар, і потрапляти на турбогенератор. Сонячні електростанції, які мають тарілчастий тип схожі по своїй роботі на баштовий метод. Вони так само отримують сонячну енергію і перетворюють її в електричну. Але є одна різниця між ними, а саме різниця їх побудови. Дана конструкція передбачає наявність в системі окремих модулів, які зроблені з опори, за яку кріпиться ферменна конструкція відбивача і приймача. Приймач розташовується на заданій відстані від відбивача. Слід зазначити, що в ньому відбувається концентрація відбитих сонячних променів. Відбивач має декілька дзеркал, які виконані в формі тарілок, які в свою чергу знаходяться радіально на фермі. Розміри дзеркал можуть бути різними, деякі з них можуть досягати від двох до кількох десятків метрів в залежності від потужності станції. [8-12]

Принцип дії комбінованих сонячних електростанцій можна описати тим, що в них закріплено додатково апарати теплообміну, які відповідають за отримання теплої води, яка застосовується і для опалення, і для технічних потреб.

Перша сонячна електростанція має назву - Gemasolar Power Plant. Вона може виробляти енергію як вдень так і вночі. Досягається це все завдяки солі, яка нагрівається протягом дня і потім повільно охолоджується вночі.



Рисунок 1.1 - Перша сонячна електростанція - Gemasolar Power Plant [16]

Результативність цієї станції, на будівництво якої було витрачено близько 260 мільйонів євро дорівнює 20 мегават. Ця кількість десь в два рази менша ніж енергія, яку можна отримати від стандартної АЕС, але перевагою сонячної станції є те, що сонячна енергія не завдає ніякої шкоди навколишньому середовищу. Якщо порівняти енергію, яку видобувають за рахунок спалювання палива і сонячну енергію, то для енергії, яка видобувається спалюванням палива викидається в навколишнє середовище приблизно 30 000 тонн вуглекислого газу кожного року. Ця сонячна станція є найбільшою і, мабуть, найкрасивішою станцією свого типу в Європі. Енергія, яка видобувається за рахунок використання сонячних променів, являє собою одну з доступніших відновлюваних джерел енергії на Землі. Також, для народного господарства використання сонячної енергії позитивно відображається на нашому навколишньому середовищі. Але на покупку і встановлення даного об-

ладнання потрібні деякі витрати, які потім принесуть велику користь і практичність в використанні. [11-16]

Єдиним недоліком використання сонячної енергії є те, що сонце являє собою переривчасте джерело енергії. Цей недолік вирішується шляхом накопичення енергії протягом дня і подальшого використання в парі з іншими джерелами енергії. Сучасне обладнання зараз перебуває на невисокій ступені і має невелику ефективність в перетворенні сонячної енергії в теплову або електричну. На сьогоднішній день майже всі розробки в цій галузі направлені на збільшення коефіцієнту корисної дії цих систем та на зниження їх вартості. Фактом є те, що переважна більшість ресурсів на планеті являють собою похідні ресурси від сонячної енергії, наприклад: вітер, випаровування і накопичення води в водоймах. Всі ці процеси відбуваються за допомогою сонця, також воно має вплив і на інші види енергетики. [10-12]

До поверхні Землі досягають від Сонця випромінювання з широким спектром 3 типів хвиль:

1. Світлові. Близько 49 відсотків;
2. Інфрачервоні. Близько 49 відсотків. Саме від цих хвиль нагрівається наша планета;
3. Ультрафіолетові. Близько 2 відсотки.

Батареї, які зроблені на основі напівпровідників мають доволі довгий термін роботи і не передбачають догляд спеціаліста за ними. Завдяки цьому напівпровідники найчастіше використовуються в домашньому використанні. На їх основі також є побудовані цілі сонячні електричні станції. Вони найчастіше будуються в країнах, які мають досить велику кількість сонячних днів на один рік. Наприклад, це Ізраїль, Саудівська Аравія, південь США, Індія, Іспанія. Навіть є проекти побудови сонячних електричних станцій, які будуть знаходитись зовні нашої атмосфери. Перевага їх буде в тому, що там сонячні промені будуть досягати електричні станції без втрати своєї енергії. В розробників є пропозиція перетворювати сонячну енергію на орбіті без втрати і

перенаправляти її на Землю у вигляді мікрохвиль. Спеціалісти оцінюють величину сонячної енергії в 1367 ват. Ця цифра дорівнює кількості сонячної енергії, яка припадає на один квадратний метр нашої планети. За підрахунком, коли сонячні промені досягають атмосфери, то в ній вони втрачають близько четверту частину своєї енергії. Якщо порівняти, то на самій теплій точці нашої планети, а саме на екваторі кількість енергії на один квадратний метр досягає близько 1020 вт. І ця цифра з урахуванням цілої доби, а саме енергії отриманої вдень та вночі, а вночі коли відбувається зміна кута падіння сонячних променів, кількість цієї енергії потрібно зменшити майже в три рази. [11-13]

На сьогоднішній день наша наука знаходиться на такому рівні, який не дає змоги зробити пристрої, які будуть перетворювати сонячну енергію в її чистому вигляді на інший тип. Саме для цих цілей були розроблені сонячні батареї. Саме вони перетворюють сонячну енергію в інший тип. Також, є пристрої, які можуть перетворювати сонячну енергію одразу в декілька інших типів (теплову і електричну), їх називають гібридними.

Основними способами перетворення сонячної енергії є способи: фотоелектричний, геліотермальний, термоповітряний та сонячні аеростатні електричні станції.

Фотоелектричний спосіб серед всіх є найбільш поширеним. В ньому використані фотоелектричні панелі. Вони після потрапляння на них сонячних променів починають виробляти сонячну енергію. Найчастіше ці панелі зроблені з кремнію. Ці панелі об'єднують в фотоелектричні батареї. Товщина цих панелей досягає менше одного міліметра. Встановлюють їх на місцях куди потрапляють сонячні промені без перешкод, а саме потрібні такі місця щоб не було навколо високих дерев або будівель, це може призвести до втрати отриманої енергії. Найчастіше ці батареї встановлюють на дахах будинків. [16]





Рисунок 1.2 - Приклад встановлення сонячних панелей на будинках [16]



Рисунок 1.3 - Приклад встановлення сонячних панелей на будинках [16]

Також, для отримання сонячної електричної енергії можна використовувати за винятком фотоелементів, гнучкі сонячні панелі. Їх часто використовують в зарядних пристроях для різних гаджетів. Перевагою їх є дуже невеликі розміри, а до недоліків можна віднести зменшений коефіцієнт корисної дії. Термоповітряний спосіб використання сонячної енергії передбачає отримання енергії за допомогою потоку повітря. Його спрямовують на турбогенератор і за його допомогою відбувається перетворення енергії. У аеростатних електричних станціях під час потрапляння на неї сонячних променів формується в аеростатному балоні водяний пар. На поверхню цього аеростата наноситься спеціальне покриття, яке поглинає сонячні промені. Ці електричні станції можна використовувати і в хмарну погоду і навіть вночі, це досягається завдяки запасів пари, які знаходяться в аеростаті. Геліотермальна енергетика основана на нагріванні поверхні енергоносія, який знаходиться у спеціальному колекторі, наприклад нагрівання води для опалення приміщень. Це одна із самих дорогих систем, але її вдосконалення поступово триває. [9-16]

## 2 Постановка задачі

### 2.1 Опис проекту

Завданням проекту є проектування сонячного трекеру для збільшення продуктивності сонячних панелей. «Такі системи використовують для автоматичної орієнтації таких приладів, як сонячні теплові концентратори, сонячні батареї і так далі.»[22] Природньо, що зі зростанням кількості постає питання якості та продуктивності сонячних електростанцій. Одним із способів збільшення виробітку сонячних панелей є будівництво спеціалізованих конструкцій, які здійснюють стеження за положенням сонця з метою забезпечення максимальної ефективності сонячних модулів – сонячних трекерів. «У таких системах використовують датчики освітлення, за допомогою яких визначається найбільш оптимальне положення до сонця.»[22]

Даний проект буде використовувати контролер на базі Arduino. Цей контролер за певний проміжок часу зчитує інформацію з двох датчиків і порівнює їх. У випадку, якщо значення з обох датчиків будуть однакові, то в цьому випадку панель буде наведена на сонце. В іншому випадку, якщо значення одного з датчиків буде відрізнятися від іншого, то контролер буде давати команду на серводвигун для виконання повороту платформи в напрямку світла. Команда, яка приходить на привід буде працювати доки значення з двох датчиків не зрівняються.

### 2.2 Контролери Arduino

Ардуіно представляє готову апаратно-програмну платформу. Головними компонентами Ардуіно є невеликих розмірів плата-контролер введення / виведення, та середовище розробки на основі Processing / Wiring.

Перший прототип контролера був випущений ще в 2005 році, коли Массимо Банц розробив його для своїх студентів в інституті проектування міста Івреа в Італії.

Мета Ардуіно - створити доступне середовище для розробників програмного забезпечення, яке дозволить їм увійти в світ програмування мікроконтролерів. Програмування контролерів відбувається в простому та інтуїтивно зрозумілому середовищі програмування - Arduino IDE. Це середовище зручне, як і для початківця, так і для досвідчених користувачів. Використовується мова програмування C ++, яка доповнена безліччю бібліотек, що спрощує роботу з пристроєм. [18]

Ардуіно здійснила справжню революцію в міжнародному масштабі в сфері розробки електронних пристроїв. І схеми, і вихідні коди знаходяться в безкоштовному доступі, завдяки чому Ардуіно і отримала настільки широку популярність.

Плата Ардуіно володіє власним процесором і пам'яттю, вона забезпечена великою кількістю вводів і виводів. До них можна підключати різноманітні датчики, або різні пристрої і механізми.

Особливість Ардуіно в тому, що для роботи з нею не потрібно спеціальних знань про мікроконтролери, для того щоб побудувати невеликий проект. Стандартні компоненти бібліотеки Ардуіно відкривають простір для творчості в плані автоматизації.

Програмування виконується через спеціальне програмне середовище (оболонку IDE). Написана на Java оболонка може працювати з Windows, Mac OS X, і Linux, вона містить в собі текстовий редактор, компілятор та менеджер проектів, а також інструменти, які використовують для завантаження програм прямо в мікроконтролер

Мікроконтролери, які використовують Ардуіно, вже мають прошитий завантажувач (bootloader), тому програматор не потрібен, достатньо під'єднати плату до комп'ютера через USB-порт або використати перехідник UART-USB, для завантаження програми.

«Є на платі і можливість прошити завантажувач в мікроконтролер самостійно за допомогою програматора, Arduino IDE мають вбудовану підтри-



мку для найпопулярніших в дешевому середовищі програматорів, також вбудований штирковий роз'єм для програмування (ICSP для AVR, JTAG для ARM).»[19]

Для підключення будь-яких електронних компонентів (світлодіоди, мотори, датчики і т.д.) до плати контролера використовуються порти введення / виведення. Їх також називають пінами. Це цифрові, аналогові або цифро-аналогові інтерфейси, які мають власну функцію.

На цифрових пінах у нас цифровий сигнал. Вони можуть видавати тільки два значення: логічний нуль (0, LOW) і логічну одиницю (1, HIGH).

Аналогові - схожі на цифрові, але їх основна мета - підключення аналогових датчиків.

Цифро-аналогові порти (або ШІМ - входи / виходи з функцією широтно-імпульсної модуляції) - більш «розумний» інтерфейс. Вони завжди готові до прийому / передачі даних і не вимагають попередньої ініціалізації. Головною їхньою гідністю є можливість передавати значення в діапазоні від 0 до 255. Такі порти позначені на платі (і в документації) як PWM або знаком «~» (тильда). [19]

Цифрові і аналогові Піни - порти комутації (підключення). ШІМ - порти управління. При необхідності змінювати параметри роботи радіоелементу, слід підключати його до ШІМ. Якщо просто вмикати / вимикати елемент схеми - можна використовувати будь-який порт Arduino.

Важливим критерієм портів плати Arduino, є їх фізична складова. Слід пам'ятати, що кожен пін: має напругу на виході 5В. Може дати максимальну кількість струму 0.02А

«Практично контролери на базі Ардуіно надають безмежні можливості для розробки та проектування будь-яких пристроїв, до яких можна підключати датчики, мотори, замки, роутери, дисплеї. Є навіть можливість підключити чайники. Можна розширювати виріб додатковими платами - ШІлд, наприклад для роботи з GPS, для з'єднання по локальній мережі або Інтернету, для

bluetooth, Wi-Fi і т. Д. Особливу популярність контролери Ардуіно знайшли в робототехніці.» [20]

Зручно те, що для підключення розширень не потрібен паяльник, достатньо використати прості штирові з'єднання, вони дозволяють легко розробити макети, та вдосконалювати їх так, як хочеться, в загальному, простір для творчості безмежний.

Платформа Ардуіно отримала широке визнання у розробників нових електронних пристроїв, викладачів і студентів інженерних напрямів підготовки, а також школярів в гуртках технічної творчості.

Використання Ардуіно спрощує процес роботи з мікроконтролерами. За технічним оснащенням вона ідеально підходить для освітнього процесу з проектування різних мехатронних систем і роботів, завдяки зрозумілому середовищі програмування та можливості спостереження фізичних процесів в реальному часі.

Система може використовуватися як засіб навчання і дослідження в цифровій обробці сигналів, електроніці, схемотехніці, робототехніці, автоматичності та інших. Більш потужні плати Ардуіно застосовні для вирішення складних технічних завдань, пов'язаних з розробкою великих проектів і їх комплексної автоматизації.

Ардуіно - це найбільш популярна тенденція, що робить мікроконтролери доступними для розуміння і використання великої кількості людей, навіть не фахівців в даній галузі.

Можна сказати, що Ардуіно є універсальним розширюваним програмованим контролером-конструктором, який може стати незамінним помічником при вирішенні будь-яких творчих завдань, які пов'язані з роботою в сфері електроніки довільного призначення.

Величезна кількість всілякої периферії: кнопки, датчики, світлодіоди, ЖК-індикатори, і інші засоби доступні для взаємодії зі світом, для роботи з контролерами на базі Ардуіно. [18-20]

### 3 Опис структурної частини

#### 3.1 Вибір засобів реалізації

Для реалізації потрібного нам приладу потрібні такі компоненти:

- контролер Arduino;
- провід для проектування і пайки приладу;
- як сервопривод можна використати Tower Pro SG90 або MG995 Tower Pro 360°. Ці два сервопривода підходять для наших цілей і доступні по ціні;
- блок живлення +3..5V та джерело безперебійного живлення;
- 2 резистора з опором 1..10K ;
- 2 фоторезистора, наприклад можна використовувати GL5516;
- 4 транзистора, наприклад можна використовувати C945;
- 4 діода, наприклад можна використовувати 1N4148;
- паяльна станція або макетна плата.

#### 3.2 Принцип проектування приладу

Прилад проектується на базі контролера Arduino. Встановлюється декілька сенсорів. Для стабільної роботи приладу потрібно встановлювати між його сенсорами перегородку. При зміні кута напрямку променів може відбутися неправильне орієнтування. «Перегородка використовується для затінення одного з сенсорів, що в свою чергу істотно змінює різницю між сигналами фоторезисторів. Для збільшення точності орієнтування сенсори повинні бути розташовані якомога ближче один до одного, а перегородка бути якомога довше.

Логічно, що система орієнтування на сонце повинна працювати від сонячної енергії, тому рівень споживання електроенергії має бути якомога більш економічним. Сонце рухаючись на небосхилі рухається досить повільно, тому для даного проекту може вистачити навіть малопотужного двигуна з редуктором, у якого передавальне число буде дорівнювати 200 або більше.»[22] До редуктора потрібно під'єднати двигун. Для керування напрям-

ком обертання двигуна потрібно виготовити платформу. Опитування фоторезисторів і управління двигуном виконується за допомогою мікроконтролера.

«Перевага схеми в тому, що вона не вимагає дотримання точних номіналів резисторів і налаштування. Недолік - наявність мікроконтролера, який треба програмувати. Але цей недолік нівелюється за рахунок того, що мікроконтролер можна програмувати багато разів і це дає змогу розширювати систему і надавати їй додаткові функції.»[22]

### **3.3 Принцип роботи приладу**

«Для корекції положення по одній осі використовується два датчика освітлення, в даному випадку фоторезистори. Вони розташовані таким чином, щоб при оптимальній орієнтації на світло, рівень сигналів датчиків був однаковий. Якщо пристрій орієнтований на світло не точно, відповідно, на один з датчиків потрапляє світла менше. А різниця між рівнями сигналів датчиків визначає в який бік треба обернути систему (двигун).»[22]

Також, прилад можна ускладнити, тобто, виконати орієнтування одразу по двох осях. Для цього потрібно використати три сенсора. Для налаштування коректної роботи такої системи можна використати 2 способи. «В першому потрібно спочатку орієнтувати систему по одній осі, наприклад в горизонтальній. А після того, як рівень сигналів від двох сенсорів вирівнюється, коригувати систему по вертикалі.»[22] Другий спосіб передбачає покупку ще одного сенсора, ціна якого настільки мала, що даний спосіб простіший в виконанні. «В ньому потрібно зробити два незалежні канали з 4-ма сенсорами. Це прискорить орієнтування по двох осях.»[22]



### 3.5 Моделювання коду

«У початковій секції програми описуються бібліотеки (в нашому випадку servo.h), визначаються Піни і константи

```
#include

//IO Pins
int pinL = 5;           //IO Pin лівого фоторезистора
int pinR = 4;           //IO Pin правого фоторезистора
int pinServo = 11;      //PWM pin сервопривода

int leftValue = 0;      //Значення лівого фоторезистора
int rightValue = 0;     //Значення правого фоторезистора
int error = 0;          //Різниця між показаннями двох датчиків
int errorAVG = 0;       //Error Average - Rolling 2 Point

int deadband = 10;      //Мертва зона (захист от джиттера)
//Servo Stuff
Servo hServo;           //servo object
int Position = 45;      //Position to write out

int minPos = 5;         //Min позиція
int maxPos = 150;       //Max позиція
```

```
float output = (maxPos - minPos) / 2; //Initial output Position
```

В наступній частині коду Використання функцій Setup (). Ця функція виконується тільки один раз при запуску програми або після скидання контролера. Тут ви можете вивести в Serial Monitor якісь дані для налагодження, або як у наведеному нижче прикладі зробити "прогін" сервопривода по всій траєкторії до лімітів.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  hServo.attach(pinServo);

  //Set Servo to Centre for Alignment Purpose
  Serial.println("Переміщення до початкової позиції ");
  hServo.write(minPos);
  delay(5000);
  Serial.println("Переміщення до кінцевої позиції ");
  hServo.write(maxPos);
  delay(5000);
  Serial.println("Переміщення до середньої точки ");
  hServo.write(output);
  delay(5000);
  Serial.println("Going Live.....");
}

```

Фінальна частина коду виконується в циклічній функції `loop()`. Тут зчитуються значення з датчиків, проводяться всі розрахунки і видаються команди на серводвигун.

```

void loop()
{
  // Читання значень з фоторезисторів
  leftValue = analogRead(pinL);
  rightValue = analogRead(pinR);

  Serial.print("L = "); Serial.print(leftValue); Serial.print(" | ");
  Serial.print("R = "); Serial.print(rightValue); Serial.print(" | ");

```

```

Serial.print("E = "); Serial.print(error); Serial.print(" | ");
Serial.print("Eavg = "); Serial.print(errorAVG);
Serial.println();

```

```

// Розрахунок
error = leftValue - rightValue;
errorAVG = (errorAVG + error) / 2;

float newOutput = output + getTravel();

```

```

if (newOutput > maxPos)
{
    Serial.println("At Upper Limit");
    newOutput = maxPos;
}
else
{
    if (newOutput < minPos)
    {
        Serial.println("At Lower Limit");
        newOutput = minPos;
    }
}
Serial.println("Writing output");

```

```

// Висновок команди управління сервоприводом
hServo.write(newOutput);
output = newOutput;
}

```



```
}
```

Також, в програмі використовується допоміжна функція `getTravel ()`, яка використовується для обчислення, куди повертати сервопривод - вліво, вправо або взагалі нічого не робити. Функція просто повертає значення: 0 - нічого не відбувається, -1 поворот вліво, +1 поворот право.

```
int getTravel()
```

```
{
```

```
    // -1 = Вліво; +1 = Вправо
```

```
    if (errorAVG < (deadband * -1))
```

```
    {
```

```
        return 1;
```

```
    }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        if (errorAVG > deadband)
```

```
        {
```

```
            return -1;
```

```
        }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        // Нічого не робимо
```

```
        return 0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
}» [21]
```

## Висновки

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити проект електронної системи забезпечення максимального світлового потоку. Даний пристрій проектується на базі мікроконтролера Ардуіно.

Під час виконання дипломного проекту був проведений детальний аналіз теми даного проекту. У результаті було виявлено, що ця тема є дуже цікавою для вивчення і в наш час постає поширене питання про використання альтернативних джерел енергії.

В цьому проекті було описано один із таких видів, а саме використання сонячної енергії. Було виконано планування робіт, за результатами якого зроблено календарний план.

Завдяки аналізу засобів реалізації було обрано певний набір інструментів для виконання проекту, а саме - необхідні компоненти для розробки проекту.

Застосування таких електронних пристроїв показує, що проектування таких систем дає можливість збірки та використання таких електронних пристроїв навіть в домашніх умовах. Даний проект, дає можливість зібрати електронну систему для споживання сонячної енергії наприклад для сільськогосподарського підприємства, яке знаходиться на великій відстані від електричних станцій. Використання сонячної енергії може надати можливість зробити власну сонячну електростанцію для використання сонячної енергії в цілях підприємства за меншу ціну ніж проводити лінії від електричної станції.

Даний проект може в значній мірі покращити коефіцієнт корисної дії сонячних панелей, завдяки тому, що спрямовує ці панелі за рухом сонця.

### Список використаних джерел

- 1 Сонячна енергетика в Україні - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://avenston.com>.
- 2 Ціна сонячної енергії в Україні. Цікаві факти: її використання та вплив на землю - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://kssolar.com.ua>.
- 3 Енергія сонця - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.sae.gov.ua>.
- 4 Сонячна енергетика - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://eenergy.com.ua>.
- 5 Потенціал розвитку сонячної енергетики в Україні - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://ekotechnik.ua>.
- 6 Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона Україні - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://solarsystem.com.ua>.
- 7 Сонячні електростанції - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://rent techno.ua/ua>.
- 8 Що таке сонячні електростанції та де їх будують - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://greentechtrade.com.ua>.
- 9 Сонячні батареї - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://pidruchniki.com>.
- 10 Сонце – як джерело енергії - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://alternative-energy.com.ua>.
- 11 Сонячні батареї, як альтернативне джерело енергії - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://vesti.dp.ua>.
- 12 Характеристики солнечных батарей - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://electricavdome.ru>.
- 13 Види і характеристики сонячних батарей – детальний розбір - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://greentechtrade.com.ua>.

14 Солнечные батареи: характеристики и особенности использования - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://stroy-podskazka.ru>.

15 Характеристики солнечных батарей - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <http://elektrik.info>.

16 Корисна інформація (статті) по сонячній енергетиці - [Електронний ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://sun-energy.com.ua>.

17 Сонячна енергетика - [Електронний ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://pidruchniki.com>.

18 Обзор контроллеров (аппаратной платформы) Arduino - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://supereyes.ru>.

19 Что такое платформа Ардуино и для чего она нужна - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <http://electricalschool.info>.

20 Arduino для новичков: использование контроллера - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://arduinoplus.ru>.

21 ARDUINO PLATFORM - DIFFERENTIAL GAP CONTROL (SOLAR TRACKER) - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://www.dave-auld.net>.

22 Система ориентирования на Солнце - [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://blog.avislab.com>.